

# مکانیک سیالات ویژگی های سیال

دکتر احمد نیک پی

پاییز 92

نگارش اول

## منبع

- کتاب تهویه صنعتی، تالیف دکتر احمد نیک پی، فصل سوم، ویژگی های سیال

# اهداف آموزشی

- درک ویژگی های سیال هوا نظیر جرم حجمی، نسبت مخلوط، حجم مخصوص و ... از منظر طراحی سیستم های تهویه صنعتی
- اهمیت دانسیته و فاکتور تصحیح دانسیته در طراحی سیستم های تهویه
- آشنایی با چارت سایکرومتری

# سیال

سیال ماده ای است که در اثر تنش برشی حتی ناچیز به طور دائم تغییر شکل می دهد. تنش برشی متوسط برابر با تقسیم نیروی برشی بر سطح است .

نیروی برشی همان مولفه ی مماسی نیرو بر سطح می باشد.

اگر این سطح آنقدر کوچک شود که به یک نقطه تبدیل شود آنگاه حد نیروی برشی بر این سطح نقطه ای را تنش برشی در یک نقطه می گویند .

# سیال

- سیالی را بین دو صفحه موازی و نزدیک بهم در نظر بگیرید.
- اگر صفحه ی پایین ثابت باشد و نیروی  $F$  صفحه ی بالا به مساحت  $A$  را بکشد . در نتیجه  $F/A$  همان تنش برشی بر این ماده است.  
هنگامی که نیروی  $F$  باعث شود صفحه ی بالایی با سرعت یکنواخت (اما مخالف صفر) حرکت کند , می توان نتیجه گرفت که ماده ی موجود بین دو صفحه مذکور , یک سیال است .  
به طور تجربی معلوم شده است که ذرات سیال مجاور صفحات , سرعتی برابر با سرعت لایه های مرزی خواهند داشت . سیال موجود در سطح  $abcd$  به موقعیت جدید  $a'b'c'd'$  می رسد.

# ویژگی های سیال

---

• جرم حجمی

$$\rho, D = \frac{m}{V}$$

دانسیتة هوا در شرایط استاندارد تهویه صنعتی (دمای خشک ۷۰ درجه فارنهایت، رطوبت نسبی صفر درصد، فشار ۲۹/۹۲ اینچ جیوه)، ۰/۰۷۵ پوند جرم بر فوت مکعب یا ۱/۲ کیلوگرم بر متر مکعب می باشد.

# ویژگی های سیال

---

• چگالی یا دانسیته نسبی

$$RD, S = \frac{P_{\text{مخلوط}}}{P_{\text{هوای آب}}}$$

# ویژگی های سیال

## • ارتباط دانسیته با دما و فشار

$p = \rho RT$	
	P: فشار مطلق گاز $\text{lbf/ft}^2$
	$\rho$ : دانسیته گاز $\text{Lb/ft}^3$ ،
	R: ثابت عمومی گاز کامل $\text{ft} \cdot \text{lbf/lbm} \cdot ^\circ\text{R}$ 53.35
	T: دمای مطلق بر حسب درجه رانکلین $R = ^\circ\text{F} + 459.7$

$\frac{P_a}{P_s} = \frac{(\rho RT)_a}{(\rho RT)_s} \rightarrow P_a = P_{std} \frac{T_{std}}{T_a}$	$P_a$ : دانسیته هوا در شرایط حقیقی ( $\text{Lb/ft}^3$ )
---	---



## ویژگی های سیال (دانسیته)

- مثال: دانسیته هوا را در دمای 100 و 200 درجه فارنهایت محاسبه کنید؟

$$\rho_a = \rho_{std} \frac{T_{std}}{T_a} \rightarrow 0.075 \times \frac{530}{460+100} = 0.07 \frac{\text{lbm}}{\text{ft}^3}$$

$$\rho_a = \rho_{std} \frac{T_{std}}{T_a} \rightarrow 0.075 \times \frac{530}{460+200} = 0.06 \frac{\text{lbm}}{\text{ft}^3}$$

# ویژگی های سیال (فاکتور تصحیح دانسیته)

- هر یک از پارامترهای رطوبت، ارتفاع، فشار داخلی کانال و دما به تنهایی تاثیری بر دانسیته هوا ندارند ولی در صورت همراهی با یکدیگر تاثیر معنی داری بر دانسیته هوا خواهند داشت و این تاثیر در قالب فاکتور تصحیح دانسیته (df) بیان می شود.

رابطه 3-6		$df = df_e \times df_p \times df_T \times df_m$	
$df_e$ : ضریب تصحیح ناشی از ارتفاع	Z: ارتفاع (ft)	$df_e = [1 - (6.73 \times 10^{-6})(Z)]^{5.253}$	
$df_p$ : ضریب تصحیح ناشی از فشار داخلی کانال	SP: فشار استاتیک ("wg)	$df_p = \frac{(407 + SP)}{407}$	
$df_T$ : ضریب تصحیح ناشی از دما	T: دما (درجه فارنهایت)	$df_T = \frac{(530)}{(T + 460)}$	
$df_m$ : ضریب تصحیح ناشی از نسبت مخلوط	w: نسبت مخلوط (پوند مول هوا/پوند مول هوای خشک)	$df_m = \frac{(1 + w)}{(1 + 1.607w)}$	

جدول ۳-۱- فاکتور تصحیح دانسیته هوا (df)

ارتفاع نسبت به سطح دریا (فوت)

-5000 -4000 -3000 -2000 -1000 0 1000 2000 3000 4000 5000 6000 7000 8000 9000 10000

فشار بارومتريک

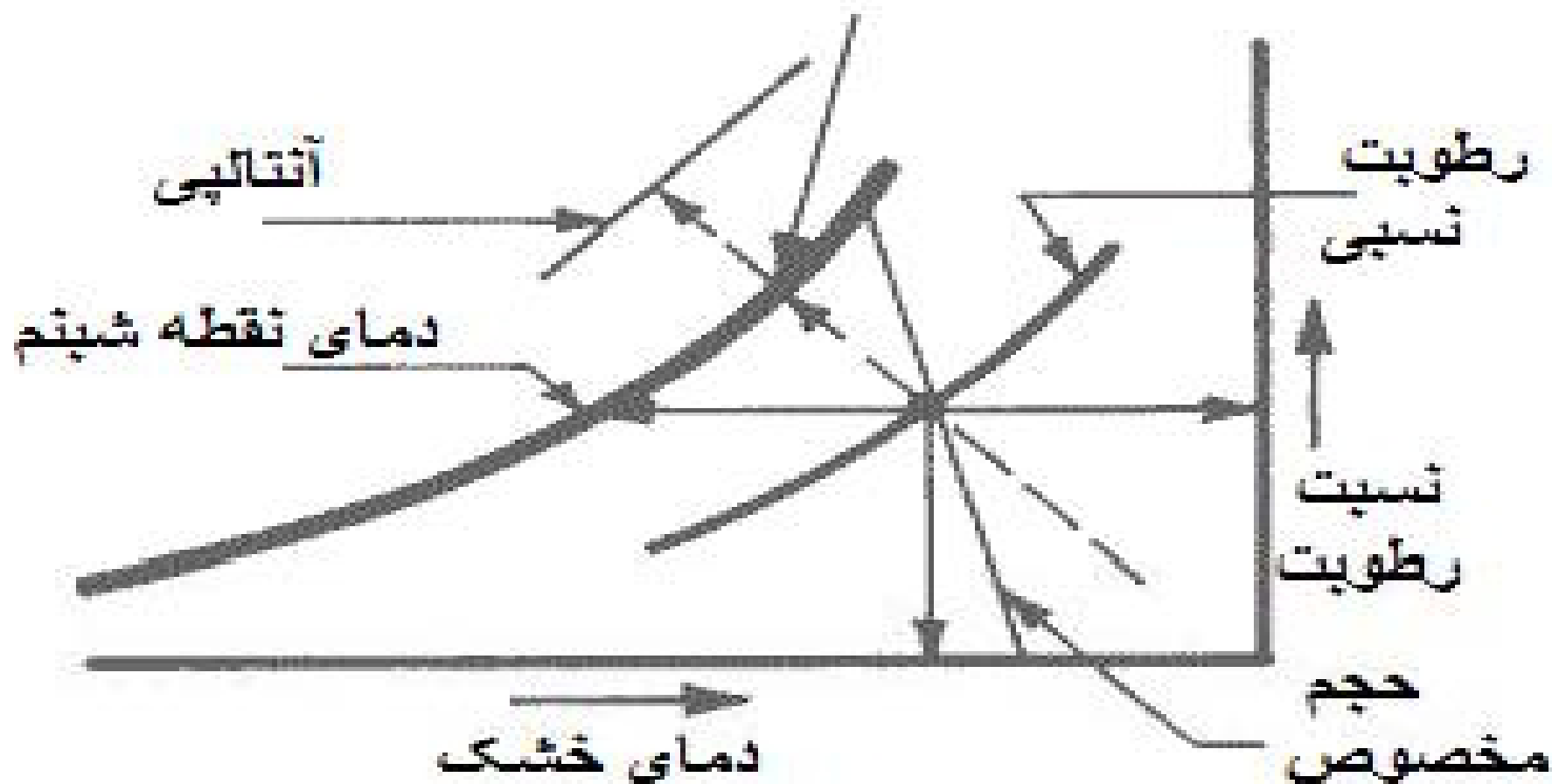
اینج جیوه	35.74	34.51	33.31	32.15	31.02	29.92	28.86	27.82	26.82	25.84	24.89	23.98	23.09	22.22	21.39	20.57
اینج آب	486.74	469.97	453.67	437.84	422.45	407.50	392.98	378.89	365.21	351.93	339.04	326.54	314.42	302.66	291.26	280.21
دما غار نهایت	فاکتور دانسیته df															
-40	1.51	1.46	1.40	1.36	1.31	1.26	1.22	1.17	1.13	1.09	1.05	1.01	0.97	0.94	0.90	0.87
0	1.38	1.33	1.28	1.24	1.19	1.15	1.11	1.07	1.03	1.00	0.96	0.92	0.89	0.86	0.82	0.79
40	1.27	1.22	1.18	1.14	1.10	1.06	1.02	0.99	0.95	0.92	0.88	0.85	0.82	0.79	0.76	0.73
70	1.19	1.15	1.11	1.07	1.04	1.00	0.96	0.93	0.90	0.86	0.83	0.80	0.77	0.74	0.71	0.69
100	1.13	1.09	1.05	1.02	0.98	0.95	0.91	0.88	0.85	0.82	0.79	0.76	0.73	0.70	0.68	0.65
150	1.04	1.00	0.97	0.93	0.90	0.87	0.84	0.81	0.78	0.75	0.72	0.70	0.67	0.65	0.62	0.60
200	0.96	0.93	0.89	0.86	0.83	0.80	0.77	0.75	0.72	0.69	0.67	0.64	0.62	0.60	0.57	0.55
250	0.89	0.86	0.83	0.80	0.77	0.75	0.72	0.69	0.67	0.64	0.62	0.60	0.58	0.55	0.53	0.51
300	0.83	0.80	0.78	0.75	0.72	0.70	0.67	0.65	0.62	0.60	0.58	0.56	0.54	0.52	0.50	0.48
350	0.78	0.75	0.73	0.70	0.68	0.65	0.63	0.61	0.59	0.57	0.54	0.52	0.50	0.49	0.47	0.45
400	0.74	0.71	0.69	0.66	0.64	0.62	0.59	0.57	0.55	0.53	0.51	0.49	0.48	0.46	0.44	0.42
450	0.70	0.67	0.65	0.63	0.60	0.58	0.56	0.54	0.52	0.50	0.48	0.47	0.45	0.43	0.42	0.40
500	0.66	0.64	0.61	0.59	0.57	0.55	0.53	0.51	0.49	0.48	0.46	0.44	0.43	0.41	0.39	0.38
550	0.63	0.61	0.58	0.56	0.54	0.52	0.51	0.49	0.47	0.45	0.44	0.42	0.40	0.39	0.38	0.36
600	0.60	0.58	0.56	0.54	0.52	0.50	0.48	0.46	0.45	0.43	0.42	0.40	0.39	0.37	0.36	0.34
700	0.55	0.53	0.51	0.49	0.47	0.46	0.44	0.42	0.41	0.39	0.38	0.37	0.35	0.34	0.33	0.31
800	0.50	0.49	0.47	0.45	0.44	0.42	0.41	0.39	0.38	0.36	0.35	0.34	0.32	0.31	0.30	0.29
900	0.47	0.45	0.43	0.42	0.40	0.39	0.38	0.36	0.35	0.34	0.32	0.31	0.30	0.29	0.28	0.27
1000	0.43	0.42	0.40	0.39	0.38	0.36	0.35	0.34	0.33	0.31	0.30	0.29	0.28	0.27	0.26	0.25

## سایکرومتری

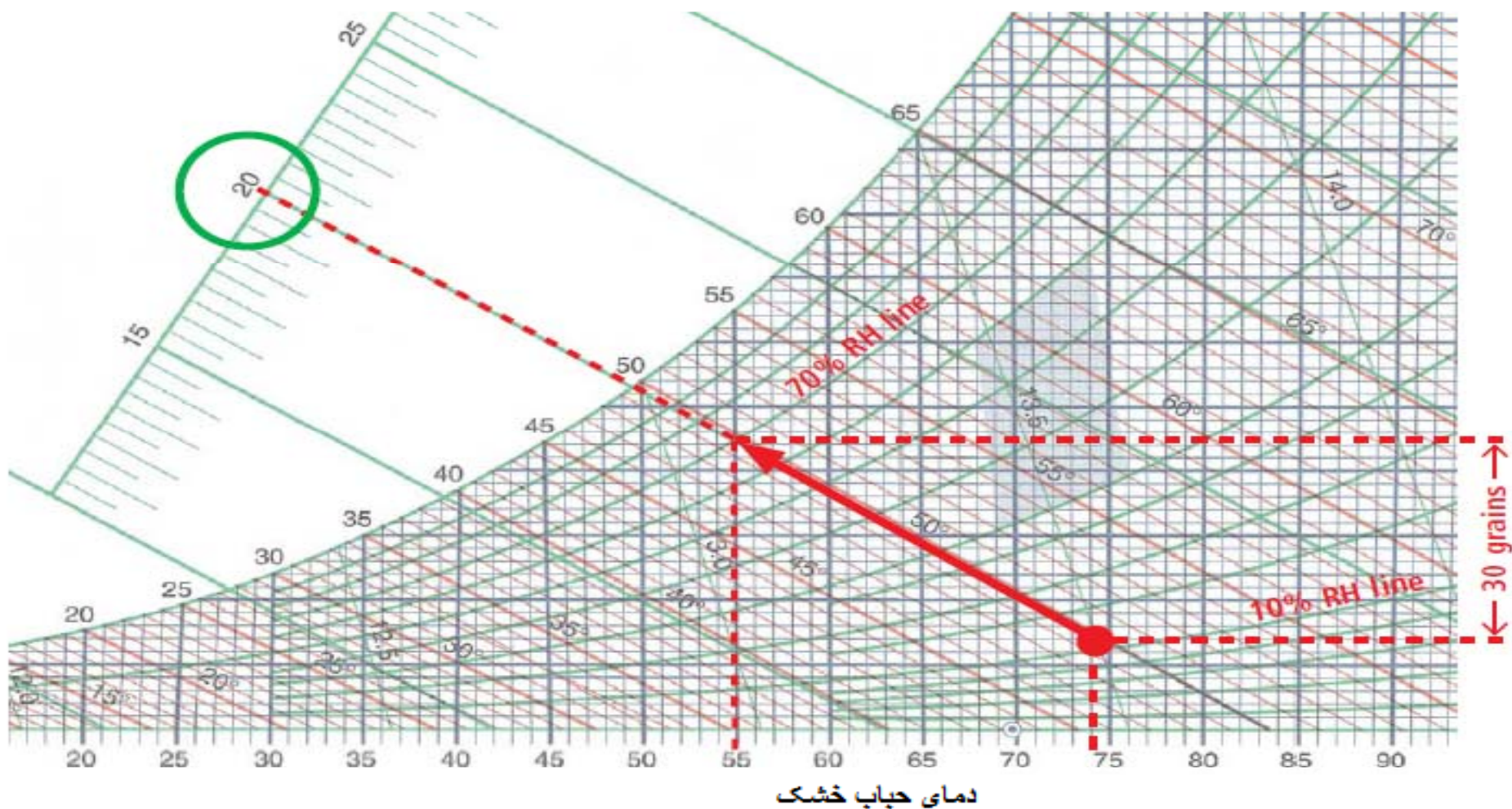
- پارامترهای موثر بر فاکتور دانسیته (df) در مبحث سایکرومتری بحث می شوند.
- علم سایکرومتری به مطالعه رفتار هوای مرطوب می پردازد و رابطه بین دما و رطوبت را در قالب نمودار و روابط بیان می کند.
- چارت سایکرومتری ارائه دهنده اطلاعات لازم برای محاسبه تغییرات هواگذر و دانسیته هوای عبوری از بخش های مختلف سیستم تهویه موضعی است که در هنگام انتخاب هواکش ضروری است.

# چارت سایکرومتری

دمای مرطوب



## نمودار سایکرومتریک



شکل-3-3 تحول سایکرومتری آدیاباتیک در نسبت مخلوط ناشی از کاهش دمای هوا از 75 به 55 درجه سانتیگراد (افزایش رطوبت نسبی هوا از 10% به 70% و از دست دادن 30 گرین رطوبت از هر پوند هوا (رطوبت گیری))

# معرفی مشخصات سایکرومتری

- نسبت مخلوط یا رطوبت ( $w$ )
- مقدار رطوبت یا وزن بخار آب و یا جرم بخار آب موجود در واحد جرم هوا بر حسب پوند بر پوند یا گرین رطوبت بر پوند هوای خشک در دمای معین است.
- حجم مخصوص یا حجم رطوبت ( $HV$ )
- حجم اشغال شده توسط مخلوط بخار موجود در یک پوند هوای خشک که بر حسب فوت مکعب بر پوند بیان می شود.
- این شاخص، عکس دانسیته هوا می باشد.
- حجم مخصوص در شرایط استاندارد تهویه صنعتی 13.65 فوت مکعب بر پوند می باشد.



مشخصات سایکرومتری هوا را در سطح دریا  
با فرض  $DB=80^{\circ}F$ ,  $RH=30\%$ ، تعیین کنید.

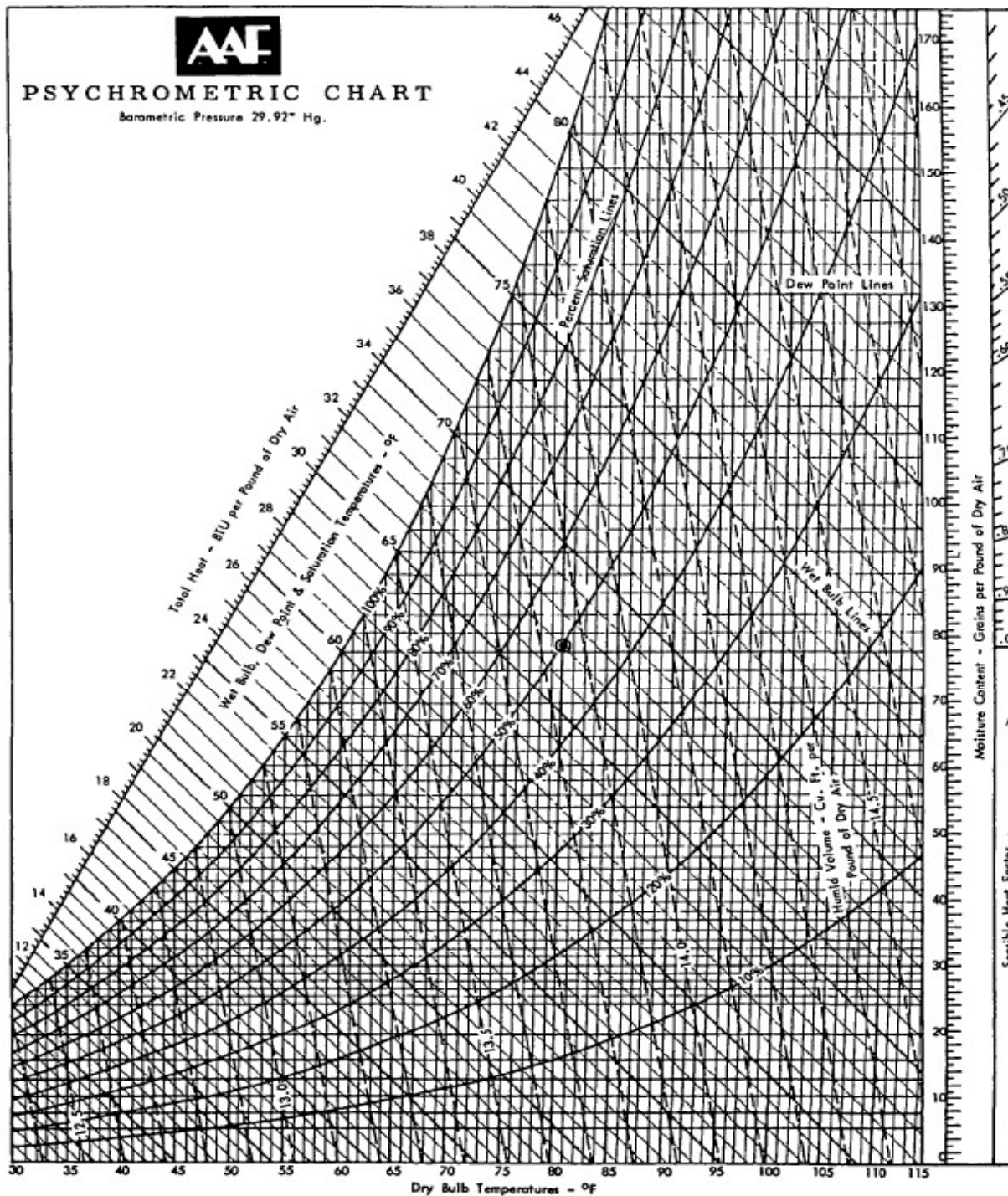
- $WB=60^{\circ}F$
- $W=46\text{grain/lb}$
- $DB=80^{\circ}F$
- $Ve=13.75\text{ ft}^3/\text{lb}$
- $DP=46^{\circ}F$
- $H=26.5\text{ BTU/lb}$
- $RH=30\%$





# PSYCHROMETRIC CHART

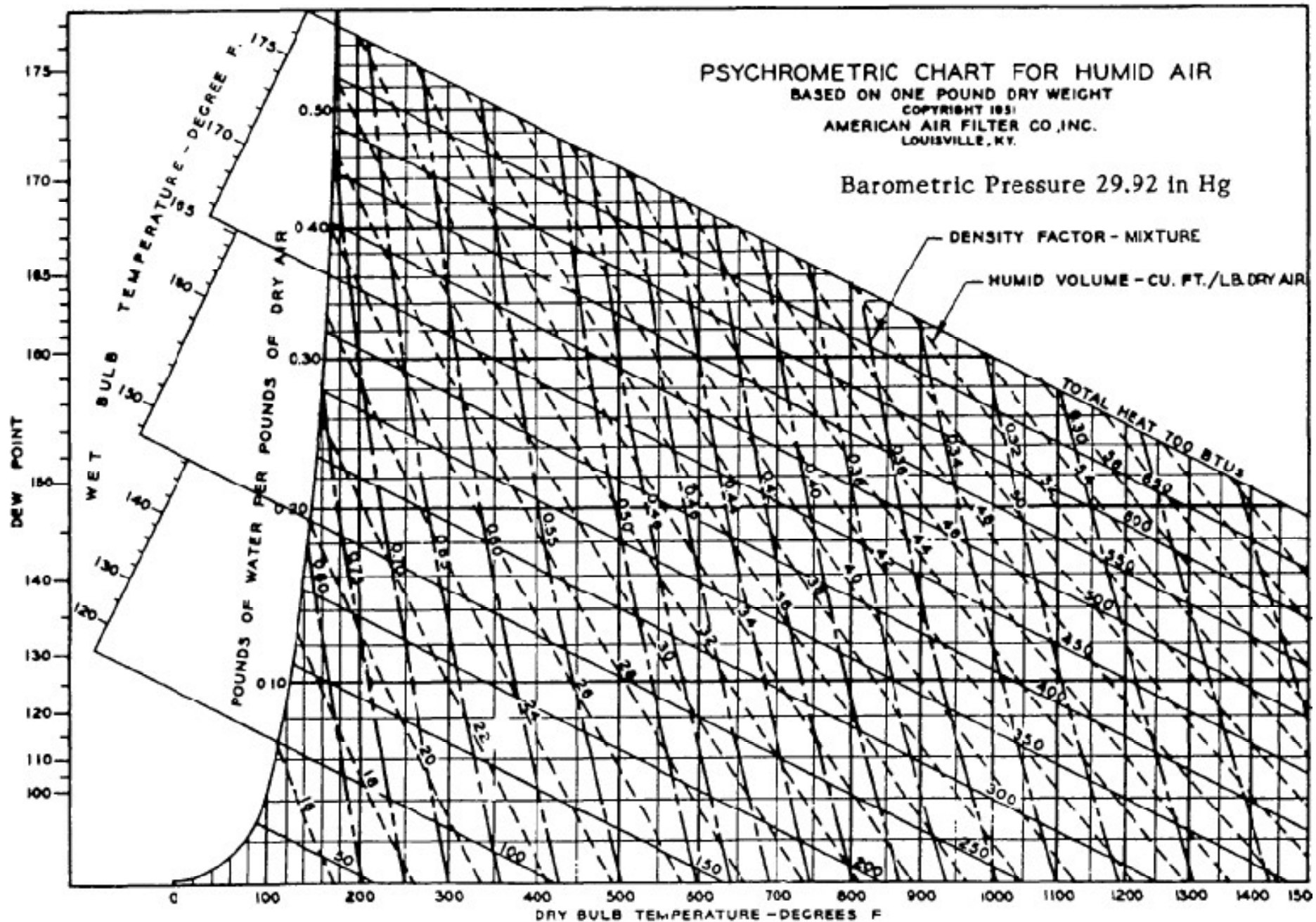
Barometric Pressure 29.92" Hg.



## چارت سایکرومتری دمای بالا (ضریب تصحیح دانسیته)

- کمیتی بدون بعد که نشان دهنده چگالی واقعی مخلوط هوا/بخار آب به چگالی هوا در شرایط استاندارد ( $0.075\text{lb/ft}^3$ ) است.
- ضریب (df) انتخاب شده از چارت سایکرومتری، در دانسیته حقیقی هوا در شرایط استاندارد ( $0.075\text{lb/ft}^3$ ) ضرب می شود.
- در چارت های دمای پایین دانسیته در سطح دریا از رابطه زیر تعیین می شود.

$$\rho = \frac{1 + \omega}{H_v}$$



چارت سایکرومتری دمای بسیار بالا تا 1500 درجه فارنهایت (دارای منحنی ضریب تصحیح دانسیته)

- $\rho$ : دانسیته مخلوط هوا/ بخار آب (پوند بر فوت مکعب)

$$\rho = \frac{1 + \omega}{H_v}$$

- $H_v$ : حجم مخصوص مخلوط (فوت مکعب مخلوط بر پوند هوای خشک

- $\omega$ : نسب مخلوط ، مقدار پوند بخار موجود در پوند هوای خشک

مثال- اگر دانسیته هوایی 0.0610 پوند بر فوت مکعب و نسبت مخلوط 0.04 پوند آب به ازای هر پوند هوای خشک باشد، حجم مخصوص هوا را تعیین کنید؟

$$H_v = \frac{1 + \omega}{\rho} = \frac{1 + 0.04}{0.061} = 17.05 \frac{\text{ft}^3}{\text{lb}}$$

- با در اختیار داشتن ضریب تصحیح دانسیته، و نسبت مخلوط امکان محاسبه هواگذر حجمی واقعی، در هوای حاوی رطوبت، در شرایط غیر استاندارد از رابطه زیر فراهم می شود.

$$Q_{\text{واقعی}} = \frac{Q_{\text{استاندارد}}(1 + \omega)}{df}$$



هوایی حاوی 15% حجمی بخار آب است. مطلوب است نسبت وزنی بخار آب به هوای خشک؟

- $PV_{\text{air}} = n_{\text{air}}RT$  ,  $PV_{\text{water}} = n_{\text{water}}RT$

- برای مخلوط آب و هوا

- $PV_{\text{mix}} = (n_{\text{air}} + n_{\text{water}})RT$

- به این ترتیب در نسبت فوق 15 درصد آب و 85 درصد هوا وجود دارد. با در نظر گرفتن تعریف مول و اینکه هر مول هوا 28/8 و هر مول آب 18 گرم وزن دارد خواهیم داشت:

$$\frac{m_{\text{water}}}{m_{\text{air}}} = \frac{n_{\text{water}} (M_{\text{water}})}{n_{\text{water}} (M_{\text{air}})} = \frac{0.15 (18)}{(0.85) (28.8)} = 0.11 \frac{\text{water}}{\text{air}}$$